

19 BUNDESREPUBLIK
 DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
 PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
 10 DE 197 07 788 A 1

51 Int. Cl.⁶:
 G 01 M 3/40
 G 01 N 27/20
 E 02 D 31/00
 G 01 N 27/12
 E 02 D 17/13

21 Aktenzeichen: 197 07 788.9
 22 Anmeldetag: 27. 2. 97
 43 Offenlegungstag: 2. 7. 98

Pi 1.2012 (1)

DE 197 07 788 A 1

66 Innere Priorität:
 196 54 213. 8 24. 12. 96

71 Anmelder:
 I.M.E.S. Gesellschaft für Innovative Mess-,
 Erkundungs- und Sanierungstechnologien mbH,
 88239 Wangen, DE

74 Vertreter:
 Ullrich & Naumann, 69115 Heidelberg

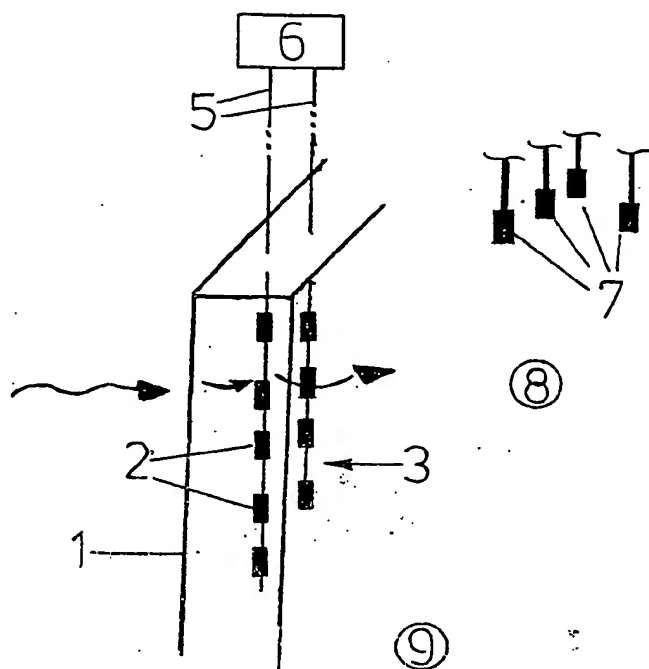
72 Erfinder:
 Bradl, Heike, Dr., 76698 Ubstadt-Weiher, DE;
 Dietrich, Jan Peter, 72119 Ammerbuch, DE;
 Fechner, Thomas, 72076 Tübingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Überwachung und Kontrolle von Schlitz- und Dichtwänden

57 Ein Verfahren zur Überwachung und Kontrolle von Schlitz- und Dichtwänden (1) während des Baus und nach Erstellung weist folgende Verfahrensschritte auf:
 Einspeisung von elektrischem Strom, d. h. von elektrischen Potentialen, in die Wand (1) und/oder den angrenzenden Untergrund (9) mittels mindestens einer Speiseelektrode (2),
 zumindest einmalige Erfassung der elektrischen Eigenschaften bzw. Potentiale innerhalb der Wand (1) mittels mindestens einer Meßelektrode (2) und
 Auswertung der Meßwerte im Hinblick auf mit den Meßwerten korrelierenden hydraulischen Durchlässigkeiten bzw. Wasserwegigkeiten und Materialinhomogenitäten der Wand (1),
 wobei jede der Elektroden (2) sowohl zur Stromeinspeisung als auch zur Potentialmessung verwendbar ist.



DE 197 07 788 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung und Kontrolle von Schlitz- und Dichtwänden während des Baus und nach Erstellung der Wand.

Schlitz- und Dichtwände sind ein wichtiger Bauteil im Grundbau. Sie können bspw. als Baugrubenumschließung bei hohen Anforderungen an deren Steifigkeit, als Stützmauer bei Geländesprüngen im Schachtbau, als Bauwerksaußenwand bei einschaliger Bauweise, als Einzelelement zur Abtragung vertikaler Lasten oder schräger Zugkräfte, als Dichtungswand zur vertikalen Untergrundabdichtung bei Dämmen und Mülldeponien, etc. verwendet werden. Charakteristisch für die Ausführung beider Wandarten ist, daß der offene Bodenschlitz durch die nachgefüllte Stützflüssigkeit ständig stabilisiert wird.

Im städtischen Tiefbau bei tiefen Baugruben mit naher Randbebauung und anstehendem Grundwasser stellt die Schlitzwand eine günstige Verbaumöglichkeit dar. Die Schlitzwandbauweise ist ein grundwasserschonendes, geräusch- und erschütterungsarmes Verfahren und ermöglicht die Herstellung von bewehrten Betonwänden im unmittelbaren Druckausbereitungsbereich bestehender Fundamente. Zur Definition eines Schlitzwandelementes wird auf DIN 4126 verwiesen. Danach ist ein Schlitzwandelement eine Betoniereinheit bei der Schlitzwandherstellung. Die Schlitzwandelemente werden in der Regel durch Abstellkonstruktionen voneinander getrennt. Zur Stützung der Schlitzwand werden Suspensionen aus Betonit und Wasser verwendet. Deren Mischungsverhältnis wird im Einzelfall nach den geologischen Gegebenheiten und der Betonitqualität festgelegt.

Dichtwände bzw. Dichtungswände als vertikale Dichtung im Untergrund werden häufig dort eingesetzt, wo die Unterströmung von Dämmen, Wehren oder anderen Wasserbauwerken verhindert werden soll. Weitere Anwendungsgebiete sind Baugrubenumschließungen und in zunehmendem Maße Umschließungen von Mülldeponien und anderen potentiellen Schadstoffherden wie Tanklager, Raffinerien und sonstige Industrieanlagen. Bei den letztgenannten Anwendungsgebieten soll der Schadstoffherd so eingekapselt werden, daß das Grundwasser außerhalb der Umschließung vor weiterer Verunreinigung geschützt wird. Die horizontale Abdichtung erfolgt in einem solchen Anwendungsfalle entweder durch Einbringung der Dichtungswand in eine undurchlässige Bodenschicht oder aber, wo diese nicht vorhanden ist, durch eine Barriere bildende Injektionssohle.

Die nachfolgend der Einfachheit halber stets als "Wände" bezeichneten Schlitz- und Dichtwände haben als eine wesentliche Funktion eine hydraulische Sperr-Funktion, die auch als Systemdichtigkeit einer solchen Wand bezeichnet wird. Im Falle einer bspw. lokal erhöhten hydraulischen Durchlässigkeit, bspw. hervorgerufen durch Materialinhomogenitäten in der Wand, ist diese hydraulische Sperr-Funktion nicht mehr gewährleistet bzw. ganz erheblich reduziert. Sog. Wasserwegigkeiten können auftreten und die hydraulische Sperr-Funktion der Wand reduzieren oder gar vollständig aufheben. Folglich ist es wünschenswert, Schlitz- und Dichtwände bereits während des Baus und vor allem auch nach deren Erstellung hinsichtlich etwaiger Mängel der voranstehend genannten Art zu überwachen und zu kontrollieren. Eine Langzeitüberwachung spielt dabei eine ganz besonders wichtige Rolle, um nämlich eine dauerhafte Qualitätssicherung der Wand gewährleisten zu können.

Aus der Praxis ist es bereits bekannt, Untersuchungen zur Qualitätssicherung dieser Wände durchzuführen, und zwar anhand einer direkten Probenahme von Material aus der

Dichtwand mit nachfolgender Bestimmung geotechnischer, geochemischer und hydraulischer Kennwerte im Labor.

Des weiteren ist es bereits bekannt, bei vollständiger Dichtwandumschließung eines Gebietes eine Überprüfung der hydraulischen Dichtigkeit über den Vergleich der zur Aufrechterhaltung einer vorgegebenen Differenz zwischen den Pegelständen des Grundwassers innerhalb und außerhalb des umschlossenen Bereiches berechneten Wasserentnahmemenge mit der tatsächlich abgepumpten Wassermenge vorzunehmen. Wird dabei festgestellt, daß die tatsächlich abgepumpte Wassermenge größer ist als die prognostizierte bzw. berechnete Wassermenge, so läßt sich daraus schließen, daß eine größere Wasserzuströmung in den abgeschlossenen Bereich vorliegt als erwartet. Mögliche Ursache dafür kann eine erhöhte Durchströmung der Dichtwand durch Fehlstellen, eine flächenhaft erhöhte Durchströmung oder eine gleichmäßig erhöhte Durchströmung aufgrund einer erhöhten hydraulischen Durchlässigkeit sein.

Aus der Praxis sind für sich gesehen zahlreiche geophysikalische Aufschlußverfahren zur Suche von Erz- und Öllagerstätten bekannt, nämlich sog. geoelektrische Verfahren, mit denen aus der gemessenen Verteilung von in dem Erdboden fließenden elektrischen Strömen Aussagen über den Aufbau des Untergrundes gewonnen werden. Diese geoelektrischen Verfahren lassen sich in elektromagnetische und in Potential-Verfahren einteilen, und diese wiederum in Verfahren mit künstlicher und mit natürlicher Stromzufuhr. Bei all diesen Verfahren werden in der Regel Messungen zwischen zwei Meßsonden durchgeführt, wobei eine der Meßsonden eine ortsfeste Basissonde und die andere Meßsonde eine sog. Wandersonde sein kann.

Ebenso ist es auch bereits aus der Praxis bekannt, einige Sonden entlang einer im wesentlichen geraden Linie anzuordnen und jeweils über eine Meßwerterfassungseinrichtung an die Basissonde anzuschließen, so bspw. über ein Kabel. Die von den Sonden erfaßten Meßwerte werden in geeigneter Form (analog oder digital) einer Meßwerterfassungseinrichtung zugeleitet und können dort weiterverarbeitet werden.

Für sich gesehen sind das weitere Verfahren zur Überwachung eines Gebietes gemäß EP 0 477 167 A2 bekannt, wonach mittels Sonden an mehreren Meßstellen des Gebietes das Potential gemessen und in elektrische Signale umgesetzt wird. Die Signale werden in vorbestimmten Zeitabständen von einer zentralen Recheneinheit abgefragt, verarbeitet und abgespeichert. Die Meßstellen sind in vorbestimmten Abständen entlang einer an das Gebiet angrenzenden geschlossenen Linie angeordnet. Potentialdifferenzen zwischen jeweils zwei benachbarten Meßstellen werden gemessen, wodurch sich anwesende Flüssigkeit feststellen läßt.

Aus der EP 0 613 027 A1 ist schließlich ein Verfahren zur Feststellung vorbestimmter Materialien im Erdboden bekannt, bei welchem mittels Sonden an vorbestimmten Meßstellen das Potential gemessen und in digitale elektrische Signale umgesetzt wird. Die Signale werden an eine zentrale Recheneinheit übertragen, in dieser verarbeitet und abgespeichert. Dazu sind die Sonden in einem flächenhaften Bereich in mehreren Reihen und in diesen in angenähert gleichen gegenseitigen Abständen angeordnet. Der gegenseitige Abstand der Reihen der im Erdboden angeordneten Meßstellen entspricht im wesentlichen dem gegenseitigen Abstand der Meßstellen in den Reihen. Potentialdifferenzen werden zwischen jeweils zwei in der selben Reihe liegenden Meßstellen sowie zwischen zwei in verschiedenen Reihen liegenden Meßstellen bestimmt.

Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Überwachung und Kontrolle von

Schlitz- und Dichtwänden während des Baus und nach Erstellung der Wand anzugeben, wonach eine in-situ-Überwachung und Kontrolle der Dichtwand hinsichtlich Materialinhomogenitäten und hydraulischen Durchlässigkeiten, insbesondere auch eine Langzeitüberwachung der Dichtwand, auf zuverlässige Weise und mit einfachen Mitteln möglich ist, ohne die Wand zu beschädigen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Überwachung und Kontrolle von Schlitz- und Dichtwänden löst die voranstehende Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruches 1. Danach umfaßt das erfindungsgemäße Verfahren folgende Verfahrensschritte:

Zunächst einmal wird elektrischer Strom eingespeist bzw. werden elektrische Potentiale in die Wand und/oder den angrenzenden Untergrund mittels mindestens einer Speiseelektrode angelegt. Die elektrischen Eigenschaften bzw. Potentiale innerhalb der Wand werden mittels mindestens einer Meßsonde zumindest einmalig erfaßt. Danach erfolgt eine Auswertung der Meßwerte im Hinblick auf mit den Meßwerten korrelierenden hydraulischen Durchlässigkeiten bzw. Wasserwegigkeiten und Materialinhomogenitäten der Wand. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist wesentlich, daß jede der Elektroden sowohl zur Stromeinspeisung als auch zur Potentialmessung verwendbar ist.

Erfindungsgemäß ist erkannt worden, daß sich ein geoelektrisches Verfahren ganz besonders zur Überwachung und Kontrolle von Schlitz- und Dichtwänden eignet, und zwar während des Baus der Schlitz- und Dichtwand und auch nach deren Erstellung. Durch Anwendung eines solchen Verfahrens ist eine in-situ-Überwachung und Kontrolle einer Schlitz- und Dichtwand möglich, wobei dieses Verfahren insbesondere zur Detektion und Lokalisierung von Wasserwegigkeiten und Materialinhomogenitäten in der Dichtwand dient.

Das Verfahren basiert auf der Erfassung und Auswertung künstlich induzierter elektrischer Ströme bzw. Potentiale innerhalb der Dichtwand. Die Einspeisung und die Messung wird mittels Elektroden durchgeführt, die zunächst ganz überwiegend in der Wand installiert sind. Die elektrischen Potentiale werden durch Einspeisung von elektrischem Strom in die Dichtwand bzw. in den die Dichtwand umgebenden Bereich hervorgerufen. Die räumliche Verteilung der elektrischen Potentiale, das elektrische Potentialfeld, ist dabei abhängig von der Verteilung der elektrischen Parameter, wie bspw. dem spezifischen elektrischen Widerstand, in der Dichtwand und dem angrenzenden Untergrund.

Für das erfindungsgemäße Verfahren ist jedenfalls wesentlich, daß erkannt worden ist, daß hydraulische Durchlässigkeiten bzw. Wasserwegigkeiten und Materialinhomogenitäten in der Wand mit elektrischen Meßwerten korrelieren, so daß sich anhand einer Überwachung der elektrischen Eigenschaften bzw. Potentiale die hydraulische Sperrfunktion der Wand und somit die Systemdichtigkeit der Wand überwachen läßt. Eine Langzeitüberwachung der Schlitz- und Dichtwand ist somit auf einfache Art und Weise möglich, ohne dabei nach Erstellung der Wand weiterreichende Vorkehrungen treffen zu müssen. Letztendlich dient das erfindungsgemäße Verfahren zu einer in-situ-Qualitätssicherung und kann zur Langzeitüberwachung nahezu unbegrenzt angewendet werden.

Nun ist es grundsätzlich möglich, daß die Elektroden – Speiseelektrode und Meßelektrode – temporär oder dauerhaft in die Wand eingebaut werden. Bei einmal in die Wand eingebauten Elektroden können diese jederzeit wieder verwendet werden, so daß eine sporadische Überprüfung der Wand jederzeit möglich ist. Werden die Elektroden bzw. wird deren Funktion nicht mehr benötigt, so können diese in der Wand verbleiben, ohne daß sich die Qualität der Wand

durch Anwesenheit der Elektroden verändert.

Auch ist es denkbar, Elektroden einerseits zur Einspeisung elektrischer Ströme und andererseits zur Detektion elektrischer Kennwerte außerhalb der Wand zu installieren, so bspw. an deren seitlicher Oberfläche oder in dem die Wand umgebenden Bereich bzw. Boden. Insoweit ist die räumliche Verteilung der elektrischen Potentiale (elektrisches Potentialfeld) abhängig von der Verteilung der elektrischen Parameter im Untergrund bzw. im Boden, ebenso wie in der Wand selbst.

Die Erfassung der elektrischen Eigenschaften bzw. Potentiale kann bei Bedarf auf Abfrage wiederholt werden, so daß eine bedarfsweise Information über den Zustand der Wand möglich ist. Ebenso ist es jedoch auch denkbar, die Erfassung der elektrischen Eigenschaften bzw. Potentiale in zeitlich variabler Abfolge oder in periodischer Abfolge vorzunehmen, was sich insbesondere im Falle einer Langzeitüberwachung der Wand zur in-situ Qualitätssicherung anbietet. So wäre es bspw. denkbar, im Falle einer erkennbaren Veränderung der elektrischen Potentiale automatisch eine Störmeldung mit Spezifizierung der die Änderung detektierenden Elektroden zu generieren und abzusetzen. Insoweit könnte schnellstmöglich eine weiterreichende Untersuchung der Wand vorgenommen bzw. Abhilfe geschaffen werden.

Bei wiederholter Messung ist es von weiterem Vorteil, wenn die Auswertung der Meßwerte einzeln erfolgt und die Meßwerte bzw. Meßwertreihen zeitlich miteinander verglichen werden. Insoweit ist es vor allem auch möglich, eine schleichende Veränderung der Meßwerte mit einer allmählichen Veränderung der hydraulischen Sperrfunktion der Wand zu korrelieren und eine solche Veränderung festzustellen. Möglicherweise läßt sich ein Bezug zu Ursachen einer solchen schleichenden Veränderung ermitteln.

Als Meßgröße dienen sämtliche elektrischen Parameter, die sich mit einer Veränderung in der hydraulischen Durchlässigkeit bzw. hydraulischen Sperrfunktion der Wand korrelieren lassen. So läßt sich bspw. als Meßgröße die elektrische Leitfähigkeit, der spezifische elektrische Widerstand oder die elektrische Polarisierbarkeit nutzen, wobei es sich bei den Meßgrößen lediglich um eine Art Hilfsgrößen zur Qualitätskontrolle der Wand handelt.

Neben der zeitlichen Abfolge durchzuführender Messungen bietet die Vorkehrung zahlreicher Elektroden als Speise- und Meßelektrode die Möglichkeit zur räumlichen Lokalisierung eines Defekts.

Die konkret zu verwendenden Elektroden können als Punktelektroden, Linienelektroden oder als Flächenelektroden ausgebildet sein. Im Falle der Verwendung sog. Linienelektroden könnten diese einander unter Bildung einer Netzstruktur überlagern, wobei die Elektroden an den Kreuzungspunkten gegeneinander isoliert sein müßten.

Insoweit ließe sich in die zu überwachende Wand regelrecht eine Netzstruktur bestehend aus Linienelektroden einbringen. Eine optimale Überwachung wäre dabei gewährleistet, wobei die Einbringung eines solchen Netzes einen erheblichen konstruktiven Aufwand mit sich bringt.

Wie bereits zuvor erwähnt, können neben der Einbringung von Elektroden in die Wand selbst zusätzliche Elektroden an der Gelände- bzw. Erdoberfläche positioniert werden, wobei dadurch eine Überwachung nicht nur der Dichtwand selbst, sondern auch des Umfeldes hinsichtlich lokaler Wasserwegigkeiten möglich ist. Die zusätzlichen Elektroden können auch im angrenzenden Untergrund positioniert werden, wodurch eine Überwachung dieses Untergrundes gewährleistet ist.

Die in der Wand vorgesehenen Elektroden lassen sich bereits während des Baus der Wand in diese einbringen bzw. einbetonieren. Ebenso ist es möglich, die Elektroden nach Fertigstellung der Wand in diese mittels Bohrungen einzubringen, wobei im Rahmen einer solchen Vorgehensweise Einzelelektroden – Bohrung für Bohrung – eingebracht werden. Die Elektroden lassen sich ungeachtet der Art der Einbringung in beliebiger räumlicher Anordnung in die Wand einbringen, nämlich einmal gleich bei Herstellung der Wand und ein anderes Mal durch beliebiges Anbringen bzw. Anlegen von Bohrungen.

Im Rahmen der Einbringung von Elektroden bereits während des Baus der Wand könnten diese im Bereich des Wandinneren einzeln aufgehängt werden. Ebenso ist es möglich, daß die Elektroden in Form eines Elektrodenstranges mit vorzugsweise äquidistant zueinander angeordneten Elektroden eingebracht werden, wobei der Elektrodenstrang eine lineare Anordnung der Elektroden aufweisen kann. Ebenso ist es möglich, den Elektrodenstrang mit starrer bzw. biegbarer kurviger Anordnung der Elektroden in die Wand einzubringen. Der Elektrodenstrang könnte auch mit abgewinkelt, in sich geradlinig ausgebildeten Strangzonen in die Wand eingebaut werden, wobei die einzelnen Strangzonen zu einer mäandrierenden Anordnung miteinander verbunden sein könnten. Jedenfalls lassen sich beliebige Ausgestaltungen und Anordnungen der Elektrodenstränge realisieren, so daß eine nahezu vollflächige Überwachung der Wand bei hinreichender Anzahl nebeneinander angeordneter Elektrodenstränge möglich ist.

Ungeachtet der konkreten Ausgestaltung eines jeden Elektrodenstranges könnte dieser vertikal oder auch horizontal in die Dichtwand eingebaut werden, wobei im Falle einer horizontalen Einbringung eine beidseitige Aufhängung erforderlich ist.

Im Falle einer vertikalen Einbringung des Elektrodenstranges in die Wand könnte der Elektrodenstrang beim Einbau an seinem oberen Ende aufgehängt und mit dem unteren Ende am Boden verankert werden. Innerhalb der Wand könnte der Elektrodenstrang mit Abstandshaltern positioniert bzw. gehalten werden. Zahlreiche nebeneinander anzuordnende Elektrodenstränge könnten wiederum äquidistant zueinander angeordnet sein.

Über die als Meßelektroden arbeitenden Elektroden läßt sich somit die räumliche Verteilung der elektrischen Parameter bzw. Potentiale, d. h. das elektrische Potentialfeld, sowohl in der Wand als auch im angrenzenden Untergrund ermitteln, wobei zweckmäßiger Weise eben zahlreiche Elektroden in der Wand und weitere Elektroden außerhalb der Wand im Untergrund angeordnet werden. Weitere Elektroden an der Geländeoberfläche ergänzen das gesamte Überwachungsfeld, so daß eine zuverlässige Überwachung der Sperr-Funktion der Wand insgesamt möglich ist.

Die über die Meßelektroden erfaßten Meßwerte werden einer einen Prozessor und einen Datenspeicher umfassenden Meßwerterfassungseinrichtung (z. B. Datenlogger) zugeführt, wobei die Meßwerte jeder Messung bzw. Meßreihe oder Meßperiode in einer integrierten oder separaten Auswerteeinrichtung mit den darauffolgenden Meßwerten der nächsten Meßreihe oder Meßperiode verglichen werden. Eine zeitliche Veränderung der Meßwerte wird erkannt und läßt sich mit einer Veränderung der Sperr-Funktion der Wand korrelieren. Die mit der Meßwerterfassungseinrichtung erfaßten und dort gespeicherten Meßwerte könnten bspw. auch auf ein Speichermedium, bspw. eine Diskette, ausgelesen werden und dann zur besonderen Auswertung einem Rechner zugeführt bzw. in einen Rechner eingespielt werden.

Die Auswertung der Meßwerte bzw. Daten kann unmittel-

bar vor Ort, d. h. im unmittelbaren Bereich der Wand, erfolgen, nämlich dann, wenn die Auswerteeinrichtung in die Meßwerterfassungseinrichtung integriert ist. Neben einer Datenübertragung mittels Speichermedium ist es des weiteren möglich, die Auswertung der Daten an einem von der Wand fernab liegenden Ort dadurch vorzunehmen, daß die Elektroden über ein vorzugsweise mehradriges Kabel mit der Auswerteeinrichtung verbunden sind, wobei hinsichtlich der realisierbaren Entfernung sicherlich Grenzen gesetzt sind. In ganz besonders vorteilhafter Weise ist eine Datenfernübertragung der über die Meßsonden detektierten Daten möglich, wobei die Datenfernübertragung über Funk oder Modem erfolgen kann.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, das mit der vorliegenden Erfindung vorgeschlagene Verfahren in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche und andererseits auf die nachfolgende Erläuterung mehrerer Ausführungsbeispiele der im erfindungsgemäßen Verfahren verwendbaren Elektroden bzw. Elektrodenstränge zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung der Zeichnung werden auch Verfahrensschritte und dazu zu verwendende Einrichtungen erläutert. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 in schematischer Darstellung eine Dichtwand mit eingebauten Elektrodensträngen,

Fig. 2 in schematischer Darstellung eine Dichtwand mit eingebauten Elektrodensträngen und zusätzlichen Elektroden im Bereich außerhalb der Dichtwand, wobei die zusätzlichen Elektroden außerhalb der Dichtwand im angrenzenden Erdreich im Bereich der Oberfläche angeordnet sind

Fig. 3 in schematischer Darstellung eine Dichtwand mit eingebauten Elektrodensträngen und zusätzlichen Elektroden im Bereich außerhalb der Dichtwand, wobei die zusätzlichen Elektroden außerhalb der Dichtwand im angrenzenden Untergrund angeordnet sind,

Fig. 4 in schematischer Darstellung unterschiedliche Formen und Anordnungen der in die Dichtwand einzubringenden Elektroden bzw. Elektrodenstränge und

Fig. 5 in schematischer Darstellung ein aus Linienelektroden bestehendes Elektrodennetz als weitere Ausgestaltungsmöglichkeit.

Die Fig. 1 bis 3 zeigen in schematischer Darstellung eine hinsichtlich ihrer Systemdichtigkeit zu überwachende Dichtwand 1, in die bereits während der Herstellung Speise- und Meßelektroden 2 eingebracht sind. Da jede der Elektroden 2 sowohl die Speise- als auch die Meßfunktion übernehmen kann, wird zwischen den Speise- und Meßelektroden fortan nicht weiter unterschieden.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Elektroden 2 in Form eines Elektrodenstranges 3 angeordnet und wurden während der Herstellung der Dichtwand 1 in diese eingehängt. Am unteren Ende des Elektrodenstranges 3 ist eine Bodenverankerung 4 erkennbar. Eine Aufhängung der Elektrodenstränge 3 im oberen Bereich der Dichtwand 1 ist der Einfachheit halber nicht dargestellt.

Die einzelnen Elektroden 2 eines jeden Elektrodenstranges 3 sind äquidistant zueinander angeordnet. Die Anzahl der Elektroden 3 ist auf die Höhe der Dichtwand 1 abgestimmt. Die Anzahl der Elektrodenstränge 3 wird entsprechend der Länge der Dichtwand 1 gewählt, wobei die Elektrodenstränge 3 ebenfalls äquidistant zueinander angeordnet sein können. Der Einfachheit halber sind in Fig. 1 lediglich zwei Elektrodenstränge 3 dargestellt.

Des weiteren ist Fig. 1 angedeutet, daß jeder der Elektrodenstränge 3 über eine Datenleitung 5 mit einer Auswerteeinrichtung 6 verbunden ist, wobei die Auswerteeinrichtung 6 auch gleichzeitig die Stromversorgung bzw. Speisung der

Speiseelektrode 2 übernimmt. Bei der Datenleitung 5 kann es sich um ein mehradriges Kabel handeln, wobei die Datenleitung 5 auch zu einem hier nicht gezeigten Modem führen kann, welches die Daten zu der Auswerteinrichtung 6 fernüberträgt.

Fig. 2 zeigt ebenfalls in schematischer Darstellung in die Dichtwand 1 bereits während der Bauphase eingebrachte Elektrodenstränge 3, wobei hier außerhalb der Dichtwand 1 einzelne Elektroden 7 zusätzlich vorgesehen sind, nämlich im angrenzenden Bodenbereich bzw. Erdreich 8 neben der Dichtwand 1, wobei die Elektroden 2 bei dem hier gewählten Ausführungsbeispiel mehr oder weniger an der Oberfläche des angrenzenden Erdreichs 8 angeordnet sind. So läßt sich mit der hier gewählten Anordnung in idealer Weise ein Wasserdurchtritt durch die Dichtwand 1 aufgrund von Materialinhomogenitäten feststellen, wobei das elektrische Potential eben nicht nur innerhalb der Dichtwand 1, sondern auch im angrenzenden Erdreich 8 hinsichtlich eines erhöhten Wasseraufkommens ermittelt wird.

Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel sind wieder Elektrodenstränge 3 gleich bei der Baumaßnahme in die Dichtwand 1 eingebracht worden, wobei diese Elektrodenstränge 3 im unteren Bereich innerhalb der Dichtwand 1 abgewinkelt sind. Außerhalb der Dichtwand sind zusätzliche Elektroden 10 in Form eines Elektrodenstranges angeordnet, die sich bis in den Untergrund 9 erstrecken. Insoweit läßt sich in ganz besonders vorteilhafter Weise eine Unterströmung der Dichtwand 1 detektieren, wodurch die Sperrfunktion der Dichtwand 1 ebenfalls herabgesetzt ist. Selbstverständlich kann es sich bei den bis in den Untergrund 9 ragenden Elektroden 10 auch um einzelne Elektroden oder einzelne horizontal liegende Elektrodenstränge handeln.

Fig. 4 zeigt nebeneinander fünf konkrete Anordnungen der Elektroden 2, wobei es sich bei den von links nach rechts gesehen ersten vier Beispielen um Elektrodenstränge 3 handelt, die eine unterschiedliche geometrische Anordnung aufweisen. Neben der streng linearen Anordnung können die Elektrodenstränge 3 mit abgewinkelten Strangzonen 11 quasi gezackt sein oder einen mäandrierförmigen Verlauf aufweisen. Eine gebogene bzw. geschwungene Ausgestaltung des Elektrodenstranges 2 ist ebenfalls möglich.

Die in Fig. 4 rechts außen dargestellte Ausführungsform mehrerer Elektroden 2 bezieht sich auf einzeln aufgehängte Elektroden, die nebeneinander in unterschiedlichen Höhen zueinander vorhangähnlich angeordnet sind. Auch insoweit ließe sich eine quasi flächige Überwachung realisieren.

Fig. 5 zeigt schließlich eine ganz besondere Ausgestaltung flächig angeordneter Elektroden, wobei diese Elektroden als Linienelektroden 12 ausgeführt sind. An den Kreuzungspunkten 13 sind die Linienelektroden 12 gegeneinander elektrisch isoliert. Durch diese Anordnung läßt sich ein Elektrodennetz in eine Dichtwand 1 einbringen oder von außen auf eine Dichtwand 1 auflegen bzw. dort anbringen, so daß eine optimale flächige Überwachung der Dichtwand 1 oder des angrenzenden Untergrundes möglich ist.

Hinsichtlich des erfindungsgemäß beanspruchten Verfahrens wird ansonsten zur Vermeidung von Wiederholungen auf die allgemeine Beschreibung verwiesen.

Abschließend sei ganz besonders hervorgehoben, daß die voranstehend lediglich beispielhaft erörterten Ausgestaltungen von Elektroden bzw. Anordnungen der Elektroden innerhalb einer Dichtwand lediglich der Erörterung der beanspruchten Lehre dienen, diese jedoch nicht auf die konkreten Ausführungsbeispiele einschränken.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung und Kontrolle von

Schlitz- und Dichtwänden (1) während des Baus und nach Erstellung, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

Einspeisung von elektrischem Strom, d. h. von elektrischen Potentialen, in die Wand (1) und/oder den angrenzenden Untergrund (9) mittels mindestens einer Speiseelektrode (2),

zumindest einmalige Erfassung der elektrischen Eigenschaften bzw. Potentiale innerhalb der Wand (1) mittels mindestens einer Meßelektrode (2) und

Auswertung der Meßwerte im Hinblick auf mit den Meßwerten korrelierenden hydraulischen Durchlässigkeiten bzw. Wasserwegigkeiten und Materialinhomogenitäten der Wand (1),

wobei jede der Elektroden (2) sowohl zur Stromeinspeisung als auch zur Potentialmessung verwendbar ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (2) temporär oder dauerhaft in die Wand (1) eingebaut werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (2) außerhalb der Wand (1), vorzugsweise an deren seitlicher Oberfläche, installiert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (2) in dem die Wand (1) umgebenden Bereich (8) oder Boden – vorzugsweise zusätzlich zu den Elektroden (2) in der Wand (1) – angeordnet werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassung der elektrischen Eigenschaften bzw. Potentiale bei Bedarf auf Abfrage wiederholt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassung der elektrischen Eigenschaften bzw. Potentiale in zeitlich variabler Abfolge vorgenommen wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassung der elektrischen Eigenschaften bzw. Potentiale in periodischer Abfolge vorgenommen wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertung der Meßwerte für jede Messung, Meßreihe oder Meßperiode einzeln erfolgt und daß die aufeinanderfolgenden Meßwerte bzw. Meßwertreihen im zeitlichen Verlauf oder Meßwerte und Meßwertreihen zu beliebigen bzw. verschiedenen Zeitpunkten miteinander verglichen werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Meßgröße der spezifische elektrische Widerstand gemessen wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß als Meßgröße die elektrische Leitfähigkeit gemessen wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß als Meßgröße die elektrische Polarisierbarkeit dient.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Elektroden (2) als Speiseelektroden und mehrere Elektroden (2) als Meßelektroden verwendet werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß als Elektroden (2) Punktelektroden verwendet werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß als Elektroden Linienelektroden (12) verwendet werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Linienelektroden (12) einander unter Bildung einer Netzstruktur überlagern, wobei die Linienelektroden (12) an den Kreuzungspunkten (13) gegeneinander isoliert sind. 5
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß als Elektroden (2) Flächenelektroden verwendet werden.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzliche Elektroden (7) 10 außerhalb der Dichtwand (1) verwendet werden.
18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzlichen Elektroden (7) an der Gelände- bzw. Erdoberfläche positioniert werden.
19. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzlichen Elektroden (10) im angrenzenden Untergrund (9) positioniert werden. 15
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (2) während des Baus der Wand (1) in diese eingebracht werden. 20
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (2) nach Fertigstellung der Wand (1) in diese mittels Bohrungen oder durch Einrammen eingebracht werden.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (2) in beliebiger räumlicher Anordnung in die Wand (1) eingebracht werden. 25
23. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (2) beim Bau der Wand (1) in dieser einzeln aufgehängt werden. 30
24. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (2) in Form eines Elektrodenstranges (3) mit vorzugsweise äquidistant zueinander angeordneten Elektroden (2) eingebracht werden. 35
25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrodenstrang (3) mit linearer Anordnung der Elektroden (2) in die Wand (1) eingebaut wird.
26. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrodenstrang (3) mit kurviger Anordnung der Elektroden (2) in die Wand (1) eingebaut wird. 40
27. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrodenstrang (3) mit abgewinkelten, in sich geradlinig ausgebildeten Strangzonen (11) in die Wand (1) eingebaut wird. 45
28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrodenstrang (3) mit mäanderröhriger Anordnung der Strangzonen (11) in die Wand (1) eingebaut wird. 50
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrodenstrang (3) vertikal in die Dichtwand (1) eingebaut wird.
30. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrodenstrang (3) horizontal in die Dichtwand (1) eingebaut wird. 55
31. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrodenstrang (3) beim Einbau an seinem oberen Ende aufgehängt wird. 60
32. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrodenstrang (3) beim Einbau am Boden verankert wird.
33. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrodenstrang (3) innerhalb der Wand mit Abstandshaltern positioniert bzw. gehalten wird. 65
34. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 33,

dadurch gekennzeichnet, daß in die Wand (1) mehrere vorzugsweise äquidistant zueinander angeordnete Elektrodenstränge (3) eingebaut werden.

35. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß über die als Meßelektroden arbeitenden Elektroden (2) die räumliche Verteilung der elektrischen Parameter bzw. Potentiale, d. h. das elektrische Potentialfeld, in der Wand (1) und ggf. im angrenzenden Untergrund (9), ermittelt wird.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß die über die Meßelektroden (2) erfaßten Meßwerte einer einen Prozessor und einen Datenspeicher umfassenden Meßwerterfassungseinrichtung (6) zugeführt werden.

37. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertung der Daten vor Ort erfolgt.

38. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertung der Daten an einem von der Wand (1) entfernten Ort erfolgt.

39. Verfahren nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenübertragung über eine vorzugsweise mehradrige Datenleitung (5) erfolgt.

40. Verfahren nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenübertragung im Sinne einer Datenfernübertragung, vorzugsweise über Funk oder Modem, erfolgt.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

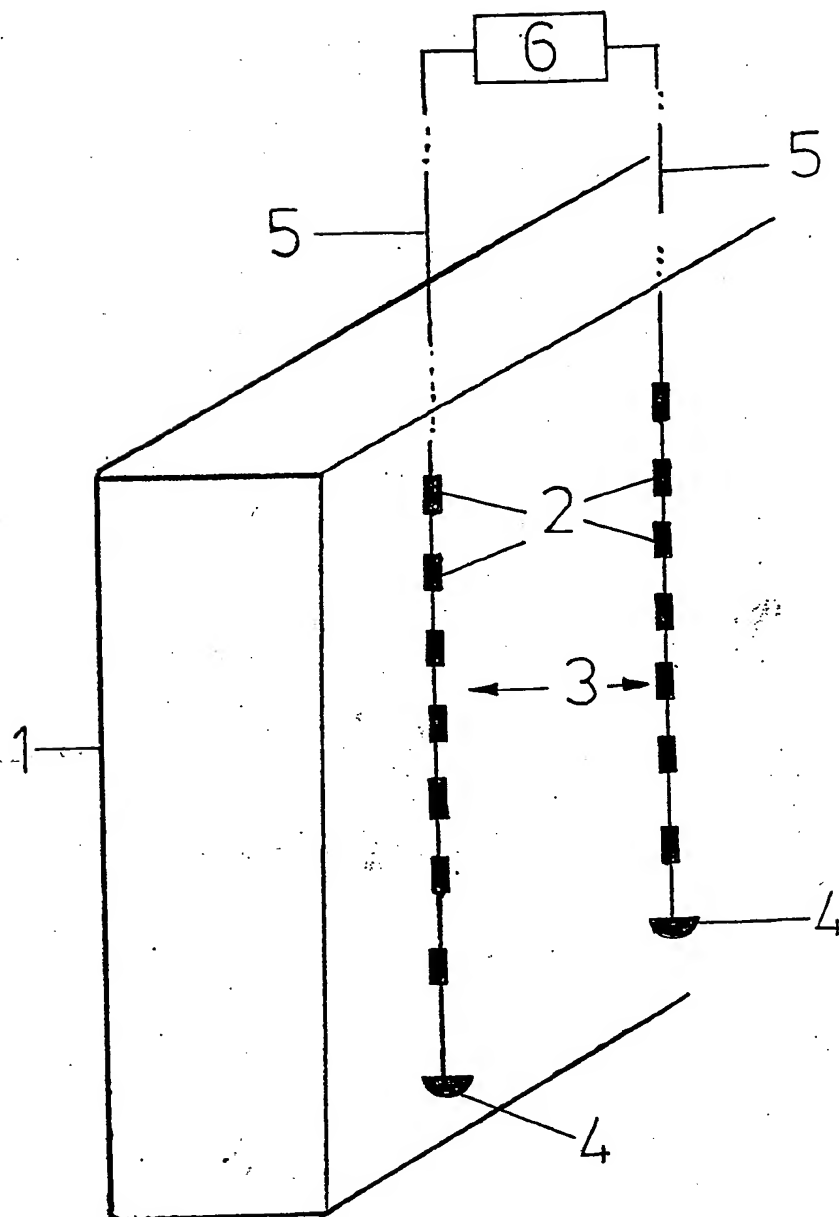


Fig. 1

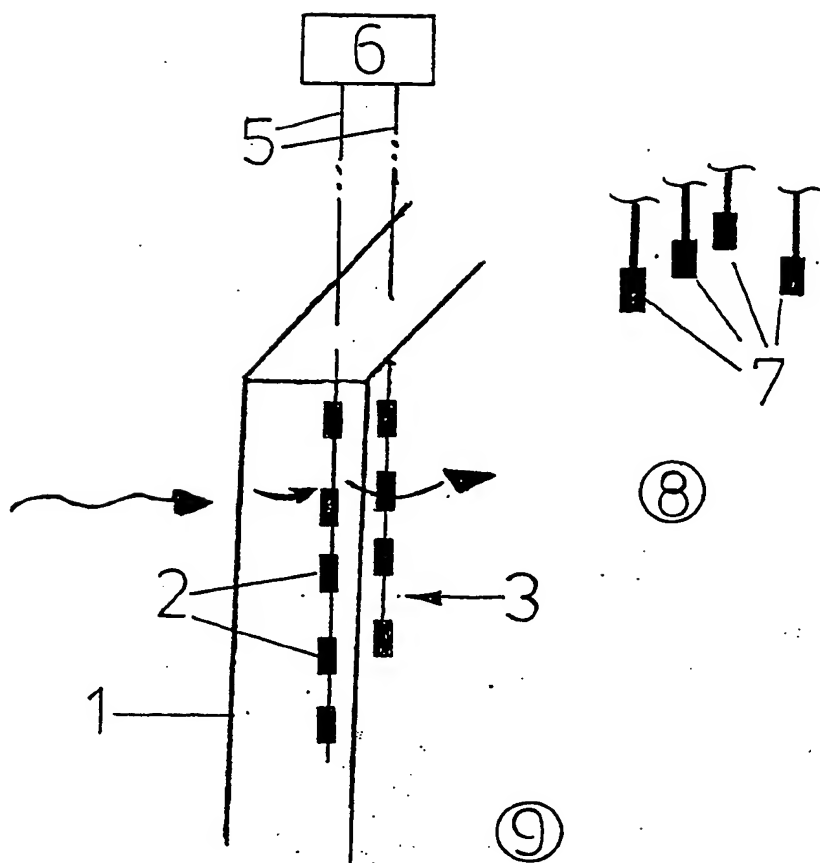


Fig. 2

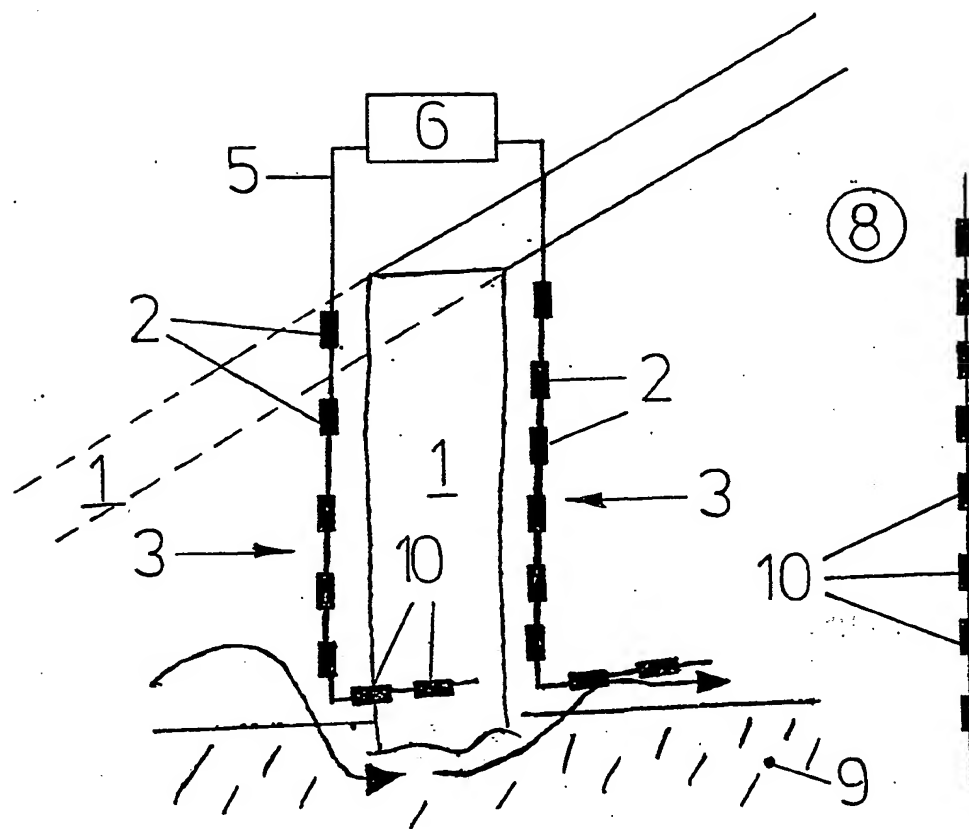


Fig. 3

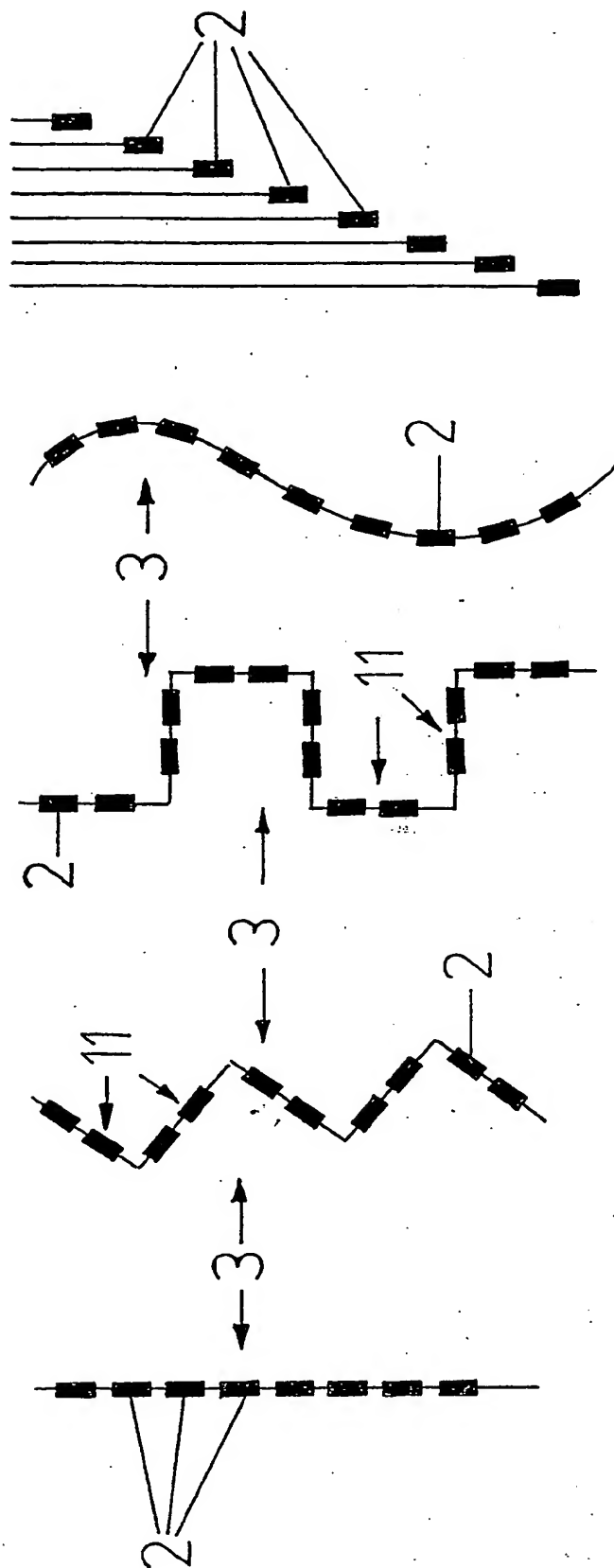


Fig. 4

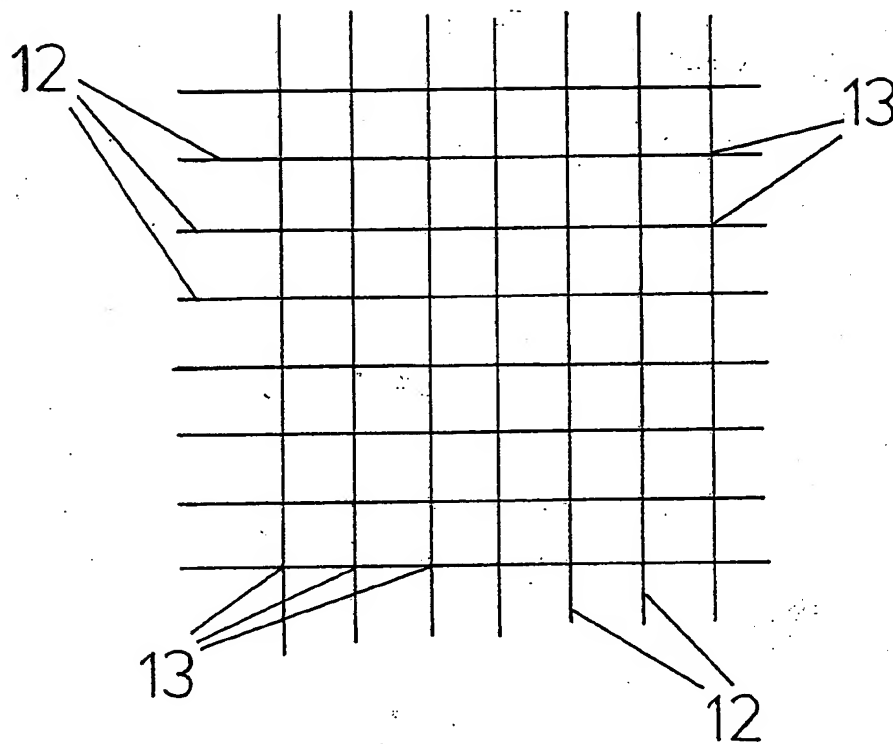


Fig. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (UCFTO)